



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

HULEVESIEN VIIVYTYSRATKAISUT RAKEN- NUSTEN TONTEILLA

Kirkkonummen Hyvinvointikeskus

Eetu Tölli (1402624)

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2018
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikka
LVI-talotekniikka

TÖLLI, EETU:
Hulevesien viivytysratkaisut rakennusten tonteilla

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Maaliskuu 2018

Ympäristöministeriön uudessa asetuksessa vesi- ja viemärlaitteistosta ohjeistetaan hulevesien käsittelystä rakennuksen tontilla. Erytysuunnittelijan on suunniteltava hulevesijärjestelmä niin, että ensisijainen ratkaisu hulevesien poisjohtamiseen on niiden viivyttämien ja imeyttäminen rakennuksen tontilla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia olemassa olevia hulevesien viivytysratkaisuja Suomessa ja muualla maailmassa, sekä etsiä kustannustehokkain viivytysratkaisu Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen tontille.

Työssä perehdyttiin niihin ympäristöministeriön asetuksiin, jotka liittyvät hulevesien käsittelyyn. Työssä perehdyttiin myös hulevesien viivytysratkaisuihin ja niiden ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön tuloksena löydettiin kustannustehokkain järjestelmä Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen hulevesien viivyttämiseksi sekä luotiin Granlund Tampere Oy:lle työkalu hulevesien viivytysratkaisujen valinnan helpottamiseksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Building Services Engineering

TÖLLI, EETU:
The Storm Water Detention Systems in Building Plots

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 1 pages
March 2018

The new decree on water and sewer installations, given by the Ministry of the Environment, regulates on the treatment of storm water in the building plots in Finland. A special designer must design the storm water system with the primary solution being the detention or filtering of storm water in the building plot.

The objective of this thesis was to examine the existing storm water detention systems in Finland and in other countries. Alternative systems were searched to find the most cost-effective system.

This thesis deals with the decrees by the Ministry of the Environment related to storm water treatment, and studies the detention methods and their features.

As the outcome of this work, a cost-effective storm water detention system was obtained for the plot of Kirkkonummi Welfare Centre, and Granlund Tampere Oy received a tool to help decide on storm water detention systems.

Key words: storm water, detention system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	Taustaa.....	6
2.1	Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistosta ohjaa hulevesiasioissa.....	6
2.2	Kaavamääräykset ohjeistavat alueiden hulevesien käsittelyssä.....	7
2.3	Kasvavat sademäärät.....	7
3	Viivytyksratkaisut	10
3.1	Viivyttäminen maanrakentamisella	10
3.2	Viivytyksallas	11
3.3	Viherkatto	12
3.4	Tunnelijärjestelmä	13
3.5	Kasettijärjestelmä.....	14
3.6	Säiliöt.....	16
4	Hulevesien viivyttäminen muissa maissa.....	17
5	Hulevesijärjestelmän mitoitusperiaatteet	20
5.1	Mitoituksen lähtötiedot	20
6	Mitoitusvirtaaman ja viivytyksjärjestelmien tilavuuden laskentakaavat.....	22
7	Kirkkonummen hyvinvointikeskus	24
8	Hulevesien viivytyks rakennuksen tontilla.....	26
8.1	Laskelmat.....	26
9	Kustannukset	28
10	POHDINTA.....	30
10.1	Kustannuslaskelman analysointi.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET.....	35
	Liite 1. Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen suunnittelualan rajat.....	35

1 JOHDANTO

Tässä insinöörityössä tutkitaan Suomen sademäärien kasvua, tutustutaan ympäristöministeriön ohjeistukseen hulevesien käsittelystä, sekä tutustutaan hulevesien viivytysratkaisuihin ja etsitään kustannustehokkain ratkaisu Kirkkonummen Hyvinvointikeskuksen projektiin. Työn on myös tarkoitus toimia Granlund Tampere Oy:n työkaluna, viivytysratkaisun valinnan helpottamiseksi. Työ toteutetaan verkko-hakuja tekemällä, kirjallisuus aineistoa tutkimalla ja haastatteluja tekemällä.

Vuoden 2018 alusta alkaen astui voimaan uusi ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistosta. Suomen rakennusmääräyskokoelma D1, 2007 julkaistussa versiossa hulevesien viivyttämiseen on ainoastaan viitattu. Ympäristöministeriön asetuksessa vesi- ja viemärlaitteistosta on annettu ohjeistus hulevesien käsittelystä rakennuksen tontilla. Ohjeistuksena on, että hulevedet tulisi ensisijaisesti viivyttää rakennuksen tontilla.

Sade- ja sulamisvesien määrät ovat kasvaneet Suomessa viime vuosina ja tämä on aiheuttanut rankimmilla sateilla kunnallisen hulevesiverkoston ylikuormittumista. Tämä on johtanut siihen, että on asetettu määräys hulevesien viivyttämisestä rakennusten tonteilla. Muualla Euroopassa ja etenkin Keski-Euroopassa ilmaston keskiarvolämpötilan ollessa Suomen keskiarvolämpötiloja korkeampi, sademäärät ovat myös olleet kautta aikojen suurempia verrattuna Suomen sademääriin. Sademäärien kasvaessa, tulee myös Suomessa vuonna-2018 ja uudempiin rakennuslupiin liittää suunnitelmat hulevesien viivyttämisestä. Viivytysratkaisuja on kehitetty Suomessa useamman vuoden ajan. Suomalaiset valmistajat ovat toimittaneet viivytysratkaisuja ulkomaille, missä niille on ollut käyttöä jo aikaisemmin.

2 Taustaa

Ilmaston keskiarvolämpötilan kohotessa, hulevesiverkostoon liittyvien rakennusten liisääntyessä ja vuotuisten hulevesimäärän kasvaessa, kaupunkien hulevesiverkostojen kapasiteetti on monin paikoin koetuksella. Etenkin rankkasateiden aikoina ja keväällä lumien sulaessa hulevesiverkostot ovat ylikuormitettuja. Tämä on johtanut siihen, että on asetettu määräys hulevesien viivyttämisestä rakennusten tonteilla. Suomessa tuli voimaan 2018- alusta alkaen Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärilaitteistosta. Asetuksessa luku 7, kohdasta 35 § antaa hulevesien viivyttämisestä ohjeistuksen: ”Erityissuunnittelijan on suunniteltava hulevesijärjestelmä niin, että ensisijainen ratkaisu hulevesien poistamiseksi on niiden viivyttäminen ja imeyttäminen kiinteistöllä. Jos hulevesien imeyttäminen ei ole maaperän ominaisuuksien vuoksi mahdollista, kiinteistöllä on oltava hulevesilaitteisto, jonka kautta hulevedet virtaavat avo-ojaan, vesistöön tai hulevesiviemäriin. Hulevesilaitteistoon ei saa johtaa jätevesiä.” (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärilaitteistosta 2018, luku 7). Vuonna 2007 voimaan astunut rakennusmääräyskokoelma D1:ssä, annettiin ainoastaan ohjeistus hulevesien viivyttämisestä: ”Sadeveden poisto kiinteistön alueelta on järjestettävä hyvin toimivalla tavalla ja niin, ettei siitä aiheudu vahingon- tai tapaturmanvaaraa, tulvimista tai muuta haittaa”. (RakMk D1 2007, kohdasta 5.1). Määräyksen astuessa voimaan tulee suunnittelijan huolehtia suunnitelmat, myös hulevesien viivyttämisestä.

2.1 Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärilaitteistosta ohjaa hulevesiasioissa

Suomessa rakennettaessa, täytyy noudattaa määräyksiä ja ohjeita, joita viranomaiset ovat asettaneet. Tämä antaa pohjan laadukkaalle rakentamiselle. Määräyksiä noudattamalla päästään jo pitkälle, mutta viime kädessä rakentamisen laadusta vastaa rakennustyömaan vastaava työnjohtaja ja työn laatua valvoo valvojat. Tällä varmistetaan laadukas rakentamistapa ja annetaan rakennuksen käyttäjille turvallinen ja terveellinen asuinympäristö. Ympäristöministeriön internetsivuilla on asetettu myös asetus suunnittelijoiden ja työnjohtajien pätevyysvaatimuksille, sekä monia muita ohjeita rakentamiseen ja suunnitteluun liittyviin asioihin (Ympäristöministeriö 2018).

Suomen rakentamismääräyskokoelma on ympäristöministeriön laatima määräyskokoelma. Siellä on asetettu määräyksiä maankäyttö- ja rakennuslakiin, minkä alle sijoittuvat rakentamiseen liittyvät ohjeistukset. Voimassa olevat ja kumotut määräykset löytyvät ympäristöministeriön internetsivuilta.

2.2 Kaavamääräykset ohjeistavat alueiden hulevesien käsittelyssä

Rakennettavan alueen asemakaavassa on esitetty kaava-alueen käyttö. Siinä on esitetty mitä alueella on säilytettävä, mitä sinne saa rakentaa mihin ja millä tavalla. Asemakaava on laadittava siten, että sillä luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle. Asemakaavan laatii kunta ja ohjeistuksen asemakaavan laatimiseen antaa ympäristöministeriö. Asemakaavassa käytettävät merkinnät esitetään ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti. Jos kaavamääräyksissä ei ole erikseen annettu ohjeistusta hulevesien viivyttämisestä rakennuksen tontilla, niin noudatetaan silloin suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeistusta hulevesien käsittelystä (Tölli, A. Projektipäällikkö DI 2018).

Asemakaava alueella jo olemassa olevat tai rakennettavat hulevesialtaat ja imeytyspainanteet on merkitty asemapiirustukseen. Kaavassa on myös esitetty mahdollisesti hulevesien käsittelytapa alueella. Esimerkiksi Tampereen Vuoreksen asuinalueen asemakaavassa on sovellettu hule-9 kaavamääräystä, missä ohjeistetaan hulevesien käsittelystä seuraavalla tavalla: ”Vettä läpäisemättömiltä pinnoilta tulevia hulevesiä tulee viivyttää alueella siten, että viivytyspainanteiden, -altaiden tai –säiliöiden mitoitustilavuuden tulee olla yksi kuutiometri jokaista sataa vettä läpäisemättömästä pintaneliömetriä kohden. Viivytyspainanteiden, -altaiden tai –säiliöiden tulee tyhjentyä 12 tunnin kuluessa täyttymisestään ja niissä tulee olla suunniteltu ylivuoto.” (Hulevesien hallintasuunnitelman laatutaso Vuoreksen alueella, Tampereen kaupunki 2013).

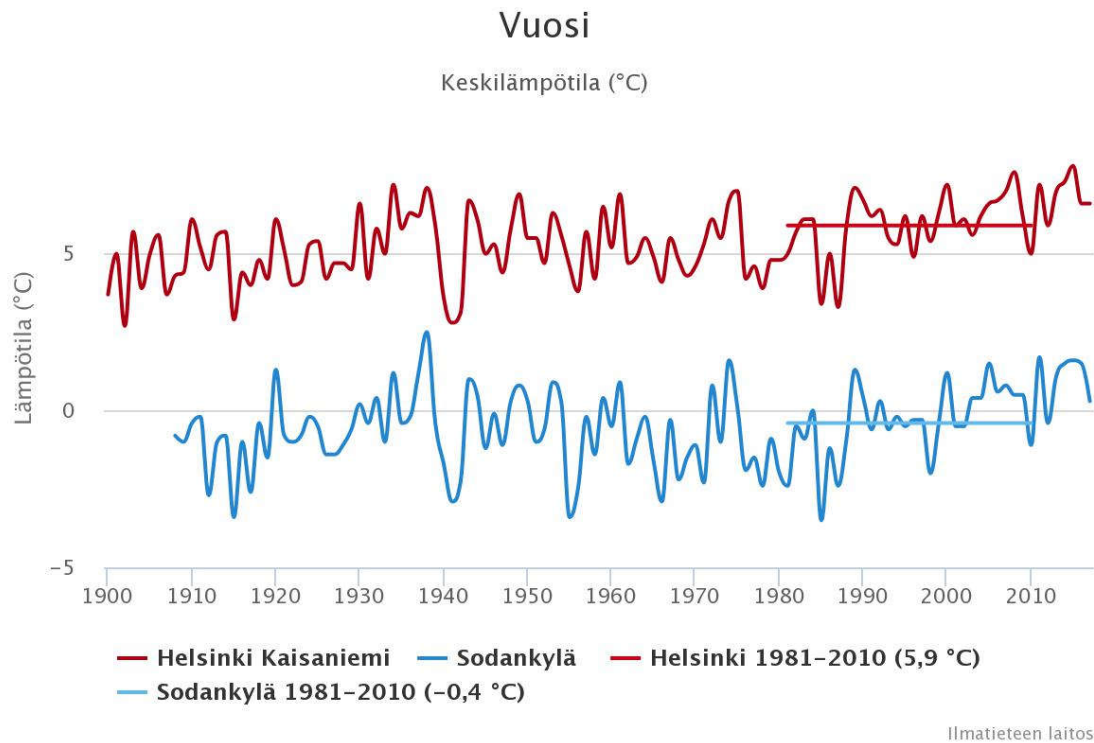
2.3 Kasvavat sademäärät

Ilmaston lämpenemisestä johtuva sade- ja sulamisvesien määrän kasvu on aiheuttanut hulevesiverkostojen ylikuormittumista ja tulvia. Ilmaston lämpeneminen on maapallon ilmakehässä olevan otsonikerroksen heikkenemistä. Otsonikerros toimii maapallon kattona, mikä pitää lämpötilan elinehtoisena maan ilmakehässä, sekä suojaa maapallon

päällä eläviä eliöitä haitalliselta ultraviolettisäteilyltä. Ihmisten tuottamat CO₂-päästöt ovat otsonikerrokselle kaikkein vaarallisinta. Ilmaston lämpeneminen lisää myös ennestään kuivuutta, maapallon kuivimmilla seuduilla. Lämpötilan nousu ei ole yksiselitteinen juttu, koska talven sääkaudet ovat kautta aikain olleet hyvin vaihtelevia keskenään. Nykyinen keskilämpötilan muutos on tapahtunut kuitenkin hyvin lyhyessä ajassa, mikä herättää huolen ilmaston lämpenemisen jatkumisesta. Ilmastonmuutosta voidaan hidastaa kasvihuonekaasuja vähentämällä. Niitä syntyy tavallisessa arjessa joka päivä, mutta niitä vähentämällä voidaan lämpenemistä hidastaa. Jos päästöjä ei vähennettäisi lainkaan, niin ilmasto lämpenee tutkijoiden arvioden mukaan 2-6 °C vuosisadan loppuun mennessä. Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa luonnollisesti myös napajäätiköiden sulamista. Jäätiköiden sulaminen taas heikentää Golf-virtaa, mikä tuo huomattavan määrän lämpöä etenkin Pohjois-Eurooppaan. Golf-virran heikentyminen tarkoittaa myös ilmaston lämpötilan laskemista Pohjois-Euroopassa. Jos ilmastonmuutos nopeutuisi äkillisesti, mikä aiheuttaa Golf-virran heikkenemisen, laskisi Suomen keskilämpötila -10 °C . (Ilmaston lämpeneminen, ilmasto.org). Suomen keskilämpötila on viime vuosina vaihdellut noin. -2 °C ja +5 °C asteen välillä (Ilmatieteenlaitos 2018).

Kasvihuonekaasujen vähentämisestä on tehty monia tutkimuksia. On selvää että polttomoottorikäyttöiset kulkuneuvot ja teollisuus tuottavat suurimman osan maapallon kasvihuonepäästöistä. Kasvihuonepäästöjen rajoittamiseksi on vuoden 2015 joulukuussa allekirjoitettu Pariisin ilmastopöytäkirja. Sopimuksen tavoitteena on pysäyttää ilmastonmuutos kokonaan. Sopimuksessa ei ole määrällisiä tavoitteita, vaan tavoitteena on saavuttaa kasvihuonekaasujen päästön huippu mahdollisimman pian ja vähentää huipun saavuttamisen jälkeen päästöjä nopeasti. Tähän sopimukseen sitoutui lähes kaikki maapallon maat ja mikä tärkeintä, mukana olivat suurimmat päästöjen tuottajat: Kiina ja Yhdysvallat (Pariisin ilmastopöytäkirja, Ympäristöministeriö 2015)

Alla olevassa kuvassa on esitetty Suomen keskilämpötiloja alkaen 1900-luvulta. Havainnot on tehty Helsingin Kaisaniemestä ja Sodankylästä. Kuvaajasta voidaan todeta keskilämpötilan nousseen vähitellen korkeammaksi.



KUVA 1. Vuoden keskilämpötilat Suomessa (Ilmatieteenlaitos 2017)

Rankkasateiden määrän muutoksista Suomessa on arvioitu useissa eri tutkimuksissa, alueellisten ilmastomallien perusteella. Arviot kesäkauden suurimpien vuorokaudessa sata-
van veden määrästä nykyilmastosta (1971- 2000) vuosisadan loppupuolelle (2070- 2099)
ennustavat sateille 10-30%:n kasvun. Sen sijaan kahden tunnin maksimisateet saattavat
kasvaa hieman enemmän, noin 15-40%. Taajamatulvien huippujen määrän odotetaan kas-
vavan Suomessa lähes samassa suhteessa kuin sateiden rankkuus (Hulevesiopas 2012).

3 Viivytyksratkaisut

Hulevesien viivyttämällä tarkoitetaan hulevesien viivyttämistä jossain luonnollisessa tai rakennetussa viivytyksratkaisussa ennen sen laskemista vedelle tarkoitettuja reittejä pitkin määränpäähensä. Viivytyksjärjestelmien periaatteena on pienentää hydraulista kuormaa alapuoliselta verkostolta. Kaupunkialueella hulevesien purku tapahtuu yleisimmin kunnalliseen hulevesiverkostoon. Maaseudulla ja taajamissa hulevedet puretaan yleisimmin ojaan, kivipesään tai muuhun sille osoitettuun paikkaan, missä vesi pääsee imeytymään pohjaveteen.

Viivytyksjärjestelmä viivyttää sade- ja sulamisvedet tulvimisen ehkäisemiseksi. Kun tulovirtaama viivytyksalueeseen vähenee, niin vesi alkaa purkautumaan viivytyksalueelta hallitusti eteenpäin. Viivytyksratkaisuja on kehitetty jo runsaasti. Suurimmat valmistajat, kuten Uponor on kehittänyt monenlaisia ratkaisuja hulevesien viivytyksjärjestelmiksi. Viivytyksjärjestelmää valittaessa kohteeseen, on hyvä ottaa huomioon tontin ympäristö. Jos tontilla on valmiina, esimerkiksi lampi tai kalliopesä, voidaan hulevedet johtaa sinne. Hulevedet voidaan johtaa viivytyksjärjestelmään pintajohtamisella tai putkiverkostoa pitkin. Pintajohtamiseen voidaan käyttää ojia tai puroja. Pintajohtaminen sopii erityisesti alueelle, missä on tarpeeksi tilaa luonnonmukaiselle järjestelmälle. Alueelle, missä rakennukset on rakennettu tiheään, sopii putkiverkostolla johtaminen parhaiten. Se on samalla myös tehokas ratkaisu, rakennuksen tontin vedenhallintaan. Esimerkiksi Tampereen Vuoreksen asuinalueella hulevedet on viivyttävä paikallisesti tonteilla.

3.1 Viivyttäminen maanrakentamisella

Maanrakennusta suunniteltaessa ja tehtäessä voidaan vaikuttaa sadevesien viivyttämiseen valitsemalla maa-ainekset vettä viivyttäviksi. Suurentamalla maaperän huokosmäärää saadaan tontille lisättyä sadevettä viivyttävää rakennetta.

Myös asfalttilaatuja on kehitetty vettäläpäiseväksi. Vuosina 2012- 2014 järjestetty VTT-johtama CLASS-hanke (Climate Adaptive Surfaces) kehitti vettä läpäiseviä päällysteitä pohjosiin sääolosuhteisiin. Asfaltin rakenne muodostuu pitkälti sepelistä, mikä tekee as-

faltin rakenteeseen huokosia, mihin vesi viipyy ja varastoituu. Vettä läpäisevä ja viivyttävä asfaltti ei sovellu vilkkaasti liikennöidyille teille, koska se ei kestä suurta kulutusta. Sopivimpia käyttökohteita vettä läpäisevälle asfaltille ovat urheilukentät, pysäköintialueet ja kevyenliikenteen väylät (Vettä läpäisevät päällysteet, VTT 2015).



KUVA 2. Vettä läpäisevää asfalttia (VTT 2015)

3.2 Viivytyssallas

Hulevesien viivytyks rakennuksen tontilla, voidaan toteuttaa myös viivytyssaltaalla. Jos tontilla ei ole valmiina allasta, voidaan se rakentaa sinne myös jälkikäteen. Allas sopii kaikenkokoisten rakennusten tontilta tulevien hulevesien viivyttämiseen. Valuma alueen olisi hyvä olla muutamia hehtaareja, jotta altaan hulevesimäärä pysyisi maltillisena. Ainoa huono puoli altaissa on se, että talvella ne jäätyvät ja keväällä sulamisvesien kuormittaessa järjestelmää, allas välttämättä ole toimintakunnossa jäätymisen vuoksi. Altaan koon tulee olla 1-2 % tai jopa 2-4 % valuma-alueen pinta-alasta jos pyritään ravinteiden poistamiseen. Vähimmäiskoko on 0,1-0,2 % valuma-alueen pinta-alasta (Kuntaliitto, hulevesiopas 2012). Viivytyssaltaan kokoon vaikuttaa myös se, että kuinka kauan altaassa halutaan viivyttää hulevesiä. Yleensä rakennetun alueen sisällä olevan viivytyssaltaan tulee tyhjentyä 24 tunnin kuluessa sateen päättymisestä. Tyhjenemisaika voi olla myös pidempi, jos altaan tilavuus on huomattavan suuri (Kuntaliitto, hulevesiopas 2012).

Viivytyssaltaat vaativat sujuvan käytön varmistamiseksi säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. Tarvittavat huoltotoimenpiteet riippuvat altaan pohjan materiaalista. Altaan ollessa luonnomukainen, luonnollisesti muodostunut tai kaivettu on huolehdittava altaan kasvillisuuden hoidoista. Jos altaalla ei ole varsinaisia istutuksia, tulee muistaa kasvillisuuden

niitto altaan toiminnan ylläpitämiseksi. Altaan pohjalle kertyvän lietteen määrä on tarkastettava kerran vuodessa ja tarpeen mukaan poistettava joko pumpppaamalla, tai kaivamalla. Jos lietettä ei poisteta, on vaarana että tulvimisen aikana altaan pohjalle kertynyt liete pääsee etenemään kunnallisen verkoston puolelle ja aiheuttaa siellä tukoksia. Ruoppaus voidaan toteuttaa altaalle 10-15 vuoden välein kasvillisuuden rehevöidyttä. Altaiisiin saattaa myös kerääntyä levää, mikä aiheuttaa ympäristöön esteettisiä ja hajuhaittoja.

TAULUKKO 1. (Hulevesialtaiden ylläpito, Kuntaliitto, hulevesiopas 2012 s.255-256)

Kunnossapitotoimenpiteet huleveden viivytysaltaille
<ul style="list-style-type: none"> • Lietteen määrän seuranta kerran vuodessa ja tarvittaessa sen poisto
<ul style="list-style-type: none"> • Purkuputken, tai muun vastaavan puhtaanapito, virtauksen varmistamiseksi
<ul style="list-style-type: none"> • Ylivuodon toimivuus
<ul style="list-style-type: none"> • Tyhjennysputken toimivuus
<ul style="list-style-type: none"> • Kasvillisuuden ylläpito
<ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisen huoltotien ylläpito
<ul style="list-style-type: none"> • ruoppaus 10-15 vuoden välein

3.3 Viherkatto

Viherkattoja on Suomeen rakennettu vähän, verrattuna Keski-Eurooppaan. Tämä johtuu osittain siitä, että Suomen sade- ja hulevesien määrät ovat kasvaneet vasta viime vuosikymmenten aikana. Viherkatot ovat kuitenkin kasvava trendi ja ne toimivat osana huleveden viivytysjärjestelmää. Viherkatot vähentävät katoilta tulevaa valuntaa, olosuhteista riippuen 20-100 %. Suurten sadantojen valunta jopa puolittuu. Viherkaton viivytyskapasiteetti riippuu suoraan viherkattorakenteen maakerrosten paksuuksista. Kerrospaksuudet ovat tavanomaisesti 30- 100 mm ja katon painoksi tulee 60-120kg/m². Loivilla katoilla tulee varmistaa veden poisjohtaminen ja jyrkemmillä katoilla veden viivytys. Esimerkiksi Saksassa viherkattoja rakennetaan joka vuosi yli 10 000 000 m². Viherkatot ovat myös ympäristöystävällisiä sekä ne vaimentavat ympäristön melua. Vechtech Oy:n tutkimuksen mukaan 50 % vuotuisesta sadonnasta imeytyy ja viivästyy viherkattoon (Viherympäristö julkaisu 1/12, 2012).

Viherkatto viivyyttää ja haihduttaa sadevesikertymää maakerroksilla, joten esimerkiksi rankkasateella vesi ei valu suoraan hulevesiverkostoon. Katon rakenteen tulee olla huolellisesti rakennettu, koska itse rakennuksen rakenteisiin ei tulisi päästä viherkatosta koskeutta. Viherkaton suunnitteluun löytyy ohjeita monilta viherkattojen valmistajilta. Viherkatto on käytössä huoleton vaihtoehto. Ainoastaan katon lannoitus, 1-2-kertaa vuodessa (keväällä ja tarvittaessa syksyllä, riippuen katon kasvillisuuden tyypistä), tulee muistaa kasvillisuuden kunnon ylläpitämiseksi. Myös kuivina kausina kattoa tulee kastella tasaisin väliajoin tarpeen mukaan. Talvella tarpeellinen lumen poisto on hyvä tehdä kattorakenteiden kestämisen kannalta. Viherkaton suojaksi tulisi jättää noin 20 cm lunta (Kerabit viherkattojen asennuksesta ja huollosta julkaisu, 2017).

Kattojen materiaali vaikuttaa myös veden viivytykseen. Valmiit kasvimatot viivyyttävät vettä keväällä ja syksyllä vähemmän, kuin kylvetty viherkattorakenne. Kesäaikoina viivytysominaisuuksissa ei ole suurta eroa (Hulevesien hallinta Vantaanjoen alueella, seminaari 2017).

3.4 Tunnelijärjestelmä

Tunnelijärjestelmä sopii erityisesti pienten rakennusten hulevesien viivyttämiseen. Etuina järjestelmällä on suuri varastointitilavuus ja korkea imeytyskyky. Korkean varastointitilavuutensa ansioista maakaivuutöiltä säästytään 2/3 verran verrattuna siihen, jos imeytysjärjestelmä toteutettaisiin perinteisellä sepeli-imeytyksellä. Kevyen rakenteensa ansiosta tunnelimoduulit ovat helppo käsitellä ja logistisesti helppo kuljettaa. Tunnelit voidaan asentaa lähelle maanpintaa, tai korkeintaan 2,5 metrin syvyyteen, riippuen maan päältä tulevasta kuormituksesta (Tehokkaat ratkaisut hulevesien hallintaan, Uponor 2017).



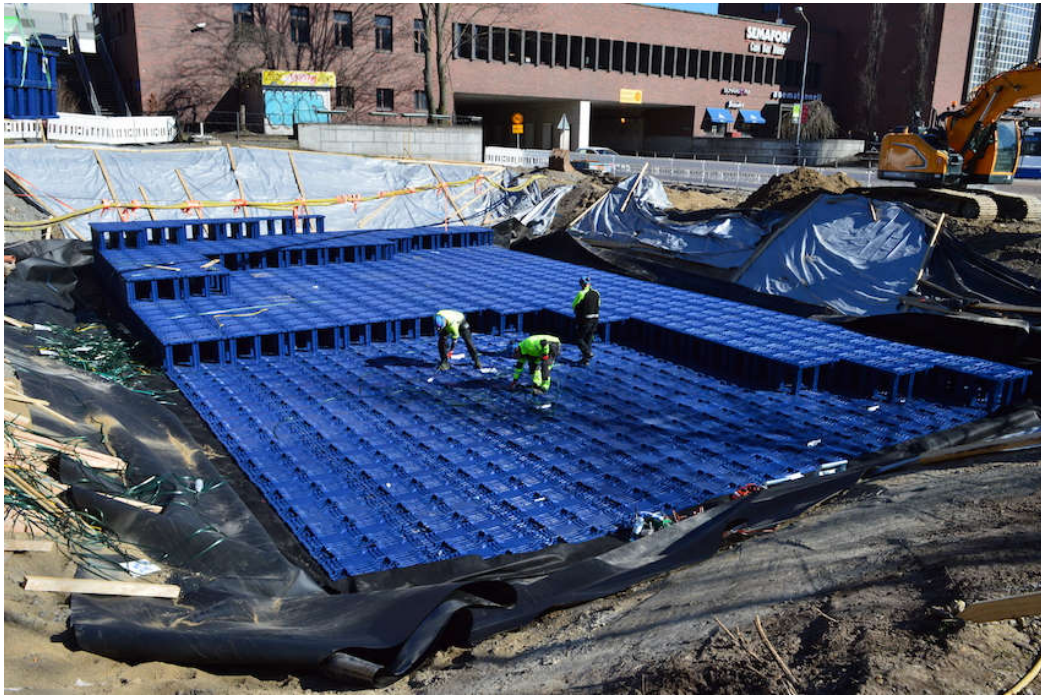
KUVA 3. Hulevesitunneli (Meltex 2018)

3.5 Kasettijärjestelmä

Kuvista 4 ja 5 nähdään kasettijärjestelmän rakenne. Ratkaisu soveltuu kaikenkokoisten rakennuksien hulevesien viivyttämiseen ja imeyttämiseen. Kun järjestelmää käytetään ainoastaan hulevesien viivyttämiseen, on se vuorattava polyeteenikalvolla. Kasettijärjestelmän avulla saadaan imeytettyä tontilta tulevat hulevedet tehokkaasti maaperään. Rakenteensa ansiosta kaseteissa on 3 kertaa enemmän varastointitilaa verrattuna perinteiseen sepeli-imeytykseen. Kasetteja voidaan kasata vierekkäin ja päällekkäin, millä saadaan kaikenkokoisiin kohteisiin riittävän kokoinen järjestelmä. Kasettien kevyt rakenne ja pieni koko tekee niiden käsittelystä helpon.

Pienempiin kohteisiin kasettijärjestelmä sopii hyvin viivytyks-imeytys toteutuksena. Jos kasteilla pyritään vain viivyttämään ja järjestelmän rakenne vaatii polyeteenikalvon peitoksi, järjestelmän hinta kohoaa ostajan kannalta kannattamattomaksi. (Wavin-Labko Oy 2018)

Kuvassa 4 on meneillään kasettijärjestelmän asennus Tampereen Posteljoonipuistoon. Tällä ratkaisulla ehkäistään tulviminen rautatietunnelissa. (Talotekniikka lehti, 2017)



KUVA 4. Kuvassa meneillään hulevesikasettien asennus Tampereen Posteljooninpuistossa (Kuva: Talotekniikka lehti 2017)

Kasetteja on valmistettu usean eri valmistajan toimesta ja kasettien rakenne eroaa toisistaan valmistajien kesken. Valintaa tehdessä kannattaa harkita myös järjestelmän huollettavuus.



KUVA 5. Wavin-Labkon valmistama Q-Bic hulevesikasetti (Wavin-Labko 2010)

3.6 Säiliöt

Viivytyssäiliö on yleisesti ottaen edullisin ratkaisu hulevesien viivyttämiseen pientalojen tonteilla. Ne sopivat kaikenkokoisten rakennusten hulevesien viivyttämiseen ja säilömiseen. Säiliöstä hulevedet johdetaan eteenpäin joko painovoimaisesti tai pumppaamalla. Säiliöt sopivat erityisesti pohjavesialueelle, missä säiliö voidaan asentaa jopa pohjaveden pinnan alle. Asennettaessa säiliötä tontille vaatii se pienemmissäkin kohteissa koneellista apua. Kevyimmätkin säiliöt painavat yli 100 kg. Maatäyttöä tehdessä on huomioitava säiliön huolellinen tuenta, ettei se pääse kääntymään kaivannossa. Tätä varten on kehitetty ankkuripusseja, joiden avulla saadaan säiliö tukevoitettua suoraan. Tyhjä pussi täytetään joko maa-aineksilla tai betonilla. (Huleveden viivytyssäiliöt, Pipelife 2011)



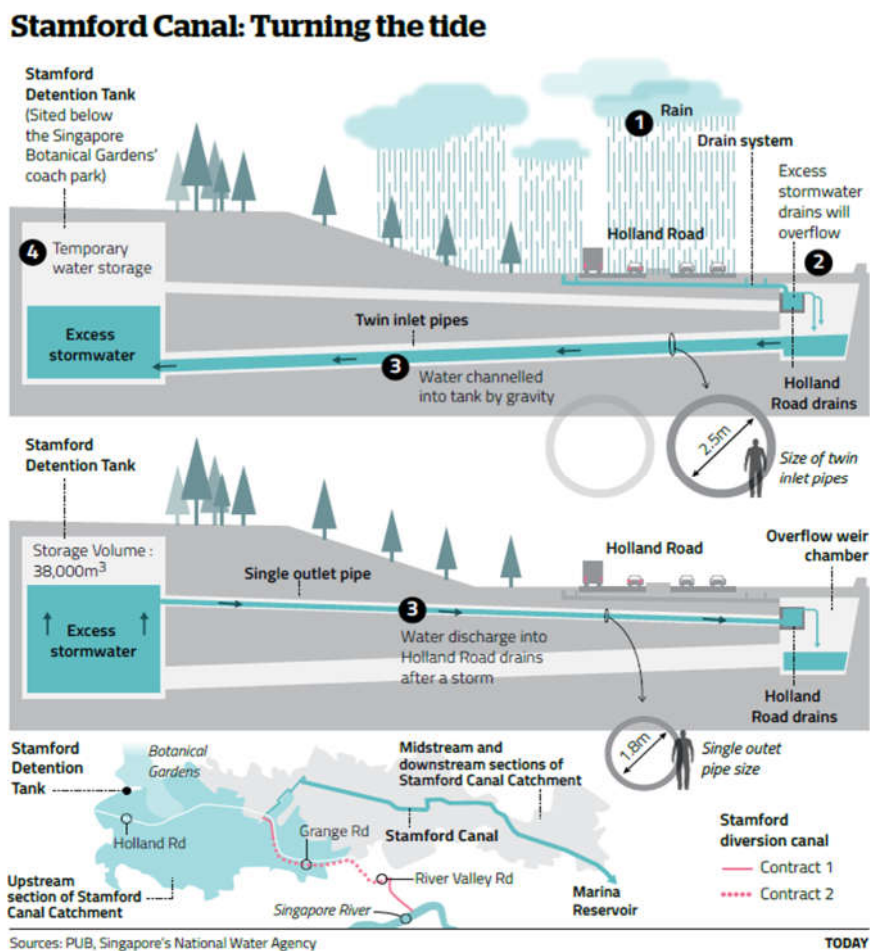
KUVA 6, Uponor Weholite hulevesisäiliö (Uponor 2018)

Säiliöiden viivytys- ja varastointikapasiteetti on lähes rajaton. Imeyttämistä säiliöillä ei yksinään voi toteuttaa muuten kuin yhdistämällä säiliö viivytysominaisuuden omaavaan järjestelmään.

4 Hulevesien viivyttäminen muissa maissa

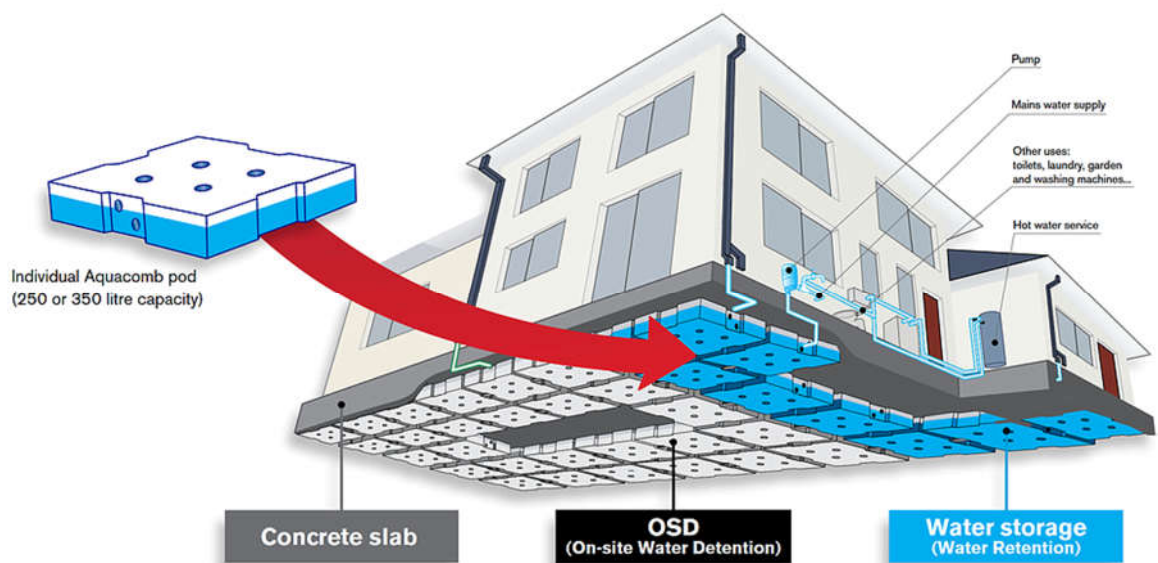
Etenkin Keski-Euroopassa missä sademäärät ovat Pohjoismaihin verrattuna suurempia, on jouduttu rakentamaan hulevesien viivytysjärjestelmiä jo ennen kuin suomessa hulevesien aiheuttamat tulvat ovat olleet ongelmana. Kun ensimmäisiä viivytysjärjestelmiä on rakennettu, on esimerkiksi parkkitalossa alimmainen kerrostaso käytetty ainoastaan hulevesien viivyttämistä ja varastointia varten (Wavin-Labko 2018).

Singaporeen Stamfordin kanavaan on rakenteilla tulvia vastaan suuri 38 000 m³ kokoinen viivytyssäiliö. Viivytyssäiliön on määrä valmistua viimeistään vuonna 2018. Sadevedet ohjataan suureen maanalaiseen säiliöön, mikä viivyttää ja varastoi vettä. Kun vesimäärä on vähentynyt, säiliö purkaa automaattisesti vettä molemmista päistä painovoimaisesti kanavaan. (Stamfordin kanaalin viivytyssäiliö, Today online 2016). Kuvassa 7 on esitetty viivytyssäiliön toimintaperiaate.



KUVA 7. Stamfordin kanavan viivytyssäiliön toimintaperiaate (Today 2016)

Uudessa-Seelannissa käytetään myös kiinteistökohtaisia viivytyjärjestelmiä. Yhtenä käytetyistä järjestelmistä on kasettijärjestelmän tyyppisesti rakennettu säiliöjärjestelmä. Kasettijärjestelmään erona on moduulien säiliömainen rakenne ja umpinaisen muotonsa ansiosta järjestelmä on tiivis, eikä järjestelmällä voi toteuttaa sadevesien imeytystä. Järjestelmästä on mahdollista ottaa kiinteistöön käyttöön kertyneitä sadevesiä. Moduulit asennetaan yleisimmin rakennuksen alle, tontin tilan ollessa rajallinen. Kuvassa 8, on esitetty Aquacomp:n järjestelmän toimintaperiaate.



KUVA 8. Aquacomp sadevesien säilöntä ja hyödyntäminen (Aguacomp 2017)

Suomessa hulevesien talteenottosäiliöitä on jo markkinoilla pienissä kokoluokissa ja ne on tarkoitettu ensisijaisesti hulevesien varastointiin. Niitä voidaan hyödyntää kotitalouksissa eri tarpeisiin. Suomessa rakennusmääräyskokoelma D1 kieltää ilman erityisjärjestelyjä muiden järjestelmien liittämistä vesilaitoksen vesijohtoverkostoon. Sade- ja hulevesiä käytetään yleisimmin autojen pesuun, sekä pihamaan kasteluun ja pesuun. Sadevesien käyttö kerryttää myös säiliöihin humusta. Humuksen kertymistä voidaan estää lisäämällä keruusäiliöön kemikaaleja.

Yhdysvalloissa hulevesiä viivytetään ja varastoidaan maanalaisilla järjestelmillä paikallisesti. Järjestelmien osien materiaaleina käytetään suurimmaksi osaksi betonia ja muovia. Betonista rakennettujen järjestelmien periaatteina on varastoida ja viivyttää kerty-

neitä hulevesiä. Betonirakenteiset järjestelmät rakennetaan, joko paikoillaan tai osat tuodaan elementteinä paikoilleen. Suomessa betonista rakennettuja viivytysjärjestelmiä ei ole vielä toteutettu. Suurin syy tähän on viivytyslementtien puuttuminen elementtivalmistajien valikoimasta ja rakentamiselle löytyvät hyvät tilavaraukset.

5 Hulevesijärjestelmän mitoitusperiaatteet

Yleisin ohjeistus viivyttämiseksi on, että vettä on viivytettävä 1 m^3 jokaista 100 m^2 vettä läpäisemätöntä pintaa kohden. Ympäristöministeriön asetuksessa vesi- ja viemärlaitteistosta ohjeistetaan: ”Hulevesilaitteiston mitoituksen on oltava sellainen, että viemäriin johdettava mitoitussadetta vastaava virtaama ei aiheuta viemäriin tulvimista”. Jos viivytysjärjestelmää käytetään samalla myös imeyttämiseen, tulee suunnittelussa ottaa huomioon maaperän rakenne ja hulevesien alkuperä. Esimerkiksi parkkipaikalta tulleita hulevesiä ei saa imeyttää pohjaveteen. Jos maaperä on huonosti vettä läpäisevää maalajia, on myös muistettava liittää ylivuotoputki järjestelmään (Uponor-hulevesikasetit ja tunnelit suunnittelu- ja asennusohje, 2012). Viivytettävän hulevesimäärän mitoitukseen on kehitetty kaupunkien toimesta Excel-työkalu, mikä on ladattavissa ilmasto.org internetsivuilla. Se on tarkoitettu apuvälineeksi kaupunkien ja kuntien suunnittelijoille, jotka pohjivat ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumista (Ilmastotyökalut 2014). Excelissä olevat viivytyskertoimet poikkeavat jonkin verran RakMk D1, 2007:n arvoista. Ilmastotyökalujen Excelissä on huomioitu enemmän yksilökohtaisesti eri pintojen vedenläpäisykertoimia.

5.1 Mitoituksen lähtötiedot

Sateen toistuvuus vaikuttaa mitoitukseen. Katujen sadevedet mitoitetaan tavanomaisesti kahdessa- tai kolmessa vuodessa toistuvalla sateella. Tiehallinnossa mitoitusohje taajamien pääteillä on kerran kymmenessä vuodessa. Alueille, jossa tulvimisesta ei ole ollut ongelmaa, voidaan mitoittaa käyttämällä lyhyttä toistumisaikaa (Eskola ja Tahvonen, 2010). Taulukossa 2 on esitetty EU:n standardin 752 mukaiset mitoitussateet. Taulukossa 3 on esitetty mitoitussateiden kestot huomioiden valuma alueen koon. Taulukossa 4 on esitetty valumiskeroimet eri pinnoille.

TAULUKKO 2. EU:n 752 standardin mukaiset mitoitusasteet

Sateen toistuvuus / vuotta	Alue
1	Maaseutu
2	Taajama-alueet
2	Kaupunkien keskustat, teollisuus- ja liike-keskukset tulvahallinnalla
5	Kaupunkien keskustat, teollisuus- ja liike-keskukset ilman tulvanhallintaa
10	Maanalainen rautatie, sillat

Mitoitusasteen kesto on riippuvainen valuma-alueen pinta-alasta. Pienillä alueilla sateen kesto on mitoituksellisesti lyhempi verrattuna suuriin valuma alueisiin.

TAULUKKO 3. Mitoitusasteen kesto. RIL 165-2 Liikenne ja väylät.

Valuma alue (ha)	Mitoitusasteen kesto (min)
<2	5
2-5	10
5-20	20
20- 100	60

Pinta-valumiskertoimina käytetään taulussa 4 esitettyjä arvoja. Arvot on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Valumiskertoimet (RakMk D1, 2007)

kerroin=k	tyyppi
1,0	Katot, asfaltti-, betoni- ja muut tiiviit päällysteet
0,7	sorapäällysteet
0,3	nurmikot ja päällystämättömät pinnat

6 Mitoitusvirtaaman ja viivytyjärjestelmien tilavuuden laskentakaavat

Mitoitusvirtaama q_s sateelle määritetään kaavalla 1, jossa K_n valumiskerroin osa-alueella ja A_n valuma-alueen pinta-ala (m^2) vaakasuoralle pinnalle projisoituna.

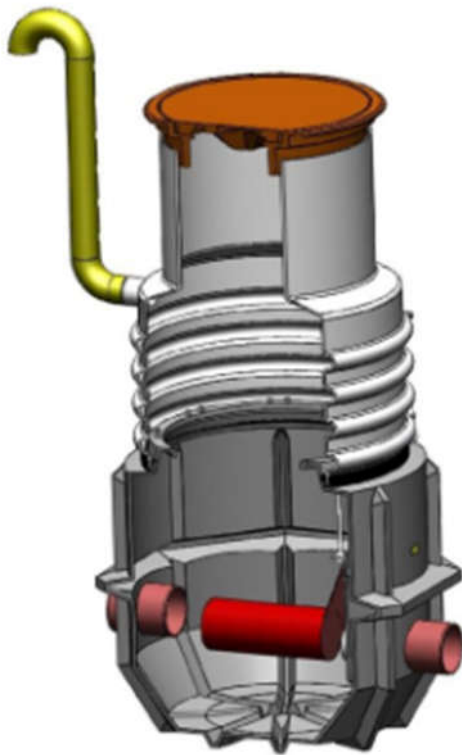
$$q = q_s(k_1A + K_2A + \dots + K_2A_2) \quad (1)$$

(RakMk D1, 2007)

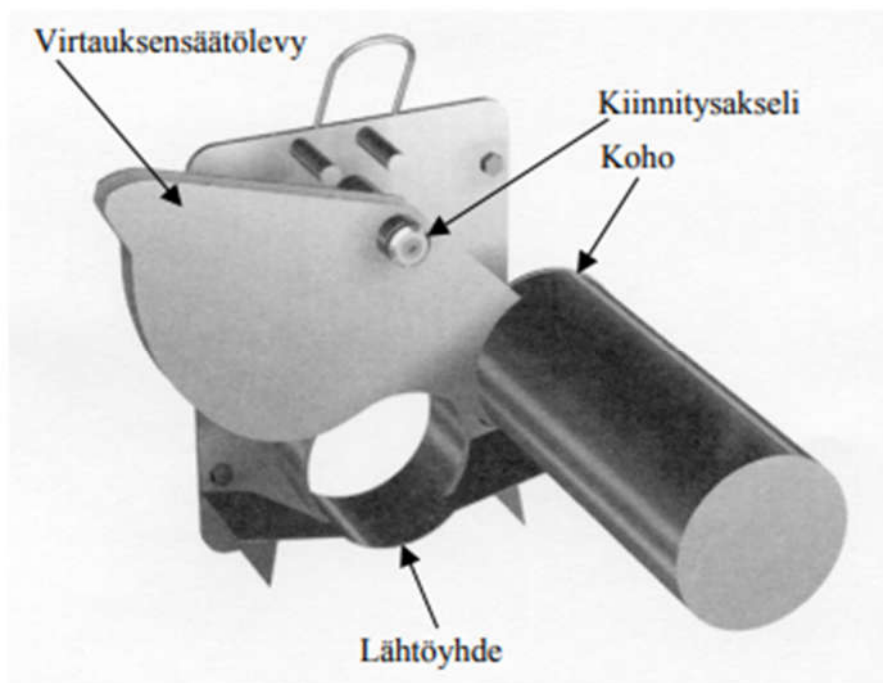
Kaavalla 2, saadaan laskettua tarvittava viivytystilavuus, missä t on huippusateen kesto.

$$v = q * t \quad (2)$$

Viivytyratkaisuihin on liitettävissä hulevesivirtaamaa rajoittavia kaivoja. Kaivojen tarkoituksena on säätää viivytyratkaisusta virtaavan veden määrää. Kuvassa 9 on esitetty virtauksensäätökaivo ja kuvassa 10 kaivon virtauksensäätö osa.



KUVA 9. Virtauksensäätökaivo (Wavin-Labko 2018)



KUVA 10. Virtauksen säätö-osa (Wavin labko 2018)

7 Kirkkonummen hyvinvointikeskus

Kirkkonummelle on suunnitteilla uusi hyvinvointikeskus. Se korvaa aiemmin vuonna 1980 valmistuneen huonokuntoisen terveyskeskuksen, mikä on jo tällä hetkellä huonokuntoinen. Hyvinvointikeskushankkeen päätavoitteena yksinkertaisesti, on saada tehtyä maan paras hyvinvointikeskus. Päätavoitteen saavuttamiseksi on asetettu tavoitteita, mitä ovat: Toimintatapojen-ja asiakasprosessien virtaviivaistaminen, sekä suunnitteluun otetaan asiakkaat mukaan. Hyvinvointikeskus palvelee tulevaisuudessa kaikissa terveydenhuoltoon liittyvissä asioissa. Keskuksessa hyödynnetään uusinta teknologiaa. Rakennusalueen laajuus tulee olemaan 10 000 m². Hyvinvointikeskuksen rakennustyöt aloitetaan vuoden-2019 aikana.

Liitteessä 1 on esitetty hyvinvointikeskuksen suunnittelualueen rajat, mistä voidaan päätellä mitoituksen määrittävä viivytyalueen laajuus. Suunnittelualueen rajat on merkitty kuvaan vihreällä viivalla.

Kuvassa 11 on esitetty hyvinvointikeskuksen tontilla oleva hulevesiallas.



KUVA 11. Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen viivytysallas (Google Maps 2018)

Kuvassa 11 harmaana näkyvä kohta on mursketta ja se toimii lähtöyhteen ympärillä altaan eroosiosuojana.

8 Hulevesien viivytys rakennuksen tontilla

Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen tontilla on hulevesien viivyttämiseen, varastointiin ja imeytykseen tarkoitettu hulevesiallas. Allas palvelee hyvinvointikeskuksen tontin ympärillä olevaa asutusta. Hyvinvointikeskuksen hulevedet johdetaan osittain hulevesialtaan kautta ja osa tulevan pääsisäänkäynnin edustalle tulevaan hulevesiviemäriiliitokseen. Pääsisäänkäynnin edustalle rakennettavaan liitoskohtaan johdetaan noin 30 % rakennuksen tontille kertyvistä hulevesistä. Kuvassa 12 on kuvakaappaus rakennuskohteen tietomallista. Kuva havainnollistaa rakennusalueen laajuuden. Hyvinvointikeskuksen pääsisäänkäynti on kuvan etualalla.



KUVA 12. Kirkkonummen hyvinvointikeskus

8.1 Laskelmat

Kohteessa on kovaa kattopintaa ja laatoitettua- tai asfaltoitua pintaa 15550 m^2 sekä nurmi aluetta 5900 m^2 . Edellä mainittuja arvoja käyttäen saadaan laskettua hyvinvointikeskuksen huleveden viivyttämisen tarpeen määrä. Asfaltoituun pinta-alaan on huomioitu myös viereinen parkkialue, joka tulee palvelemaan hyvinvointikeskuksen asiakkaita.

Kohdan 6 laskentakaavalla 1, lasketaan mitoitussade alueelle

$$0,015 \frac{l}{s} (0,3 * 5900m^2 + 1,0 * 15550m^2) = 259l/s$$

Kun mitoitussade on saatu lasketuksi, lasketaan järjestelmän viivytystilavuus kohdan 6 laskentakaavalla 2 ja lisään siihen +20 % lisätoleranssia tulevaisuuden sateiden kasvulle. Sadevesiviemärin mitoituksessa käytetään 2-3 vuoden välein toistuvaa sadetta, jonka kesto on 10min=600 s (Eskola ja Tahvonen 2010).

$$259 \frac{l}{s} * 600s = 155430dm^3/1000=155,5 m^3$$

Jos laskelmaan otetaan huomioon tulevaisuuden sateiden määrän kasvu, tulee viivytystilavuudeksi 187 m³.

9 Kustannukset

Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen tontilla on viivytysallas jo valmiina. Allas palvelee osaa asuinalueen kiinteistöjen tontilta kertyviä hulevesiä. Alueella, missä hulevesien imeyttäminen on sallittua, on kustannustehokkainta käyttää järjestelmää, missä myös vesien imeytyminen maaperään toteutuu. Alueelle, missä imeytys ei ole mahdollista tai sitä ei saa toteuttaa, tulee rakentaa tiivis järjestelmä.

Suuria vesimääriä viivytettäessä ovat kustannustehokkaimmat järjestelmät, joko kasetti- tai säiliöjärjestelmä.

Hyvinvointikeskuksen viivytystarpeen ollessa 187 m³ vaihtoehtoiksi jäävät suurien kohteiden viivytysratkaisut. Alueella myös imeyttäminen on mahdollista, mutta ei välttämättömyyden vuoksi. Säiliöjärjestelmän kokemukseen perustuva kustannusten suuruus, euroa/viivytettävä m³ on 185 €/m³ (Uponor, Myynti 2018).

Taulukossa 5, on esitetty Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen vaihtoehtoisten viivytysratkaisujen kustannukset. Molempien järjestelmien hinnat sisältävät koko järjestelmän varusteet virtauksensääntökaivoineen, lukuun ottamatta viivytysjärjestelmää ennen olevia kaivoja tai putkistoa. Laskelmat ovat suuntaa antavia, mutta ovat hyvin lähellä lopullisia kustannuksia sekä niissä ei ole otettu huomioon asennuskustannuksia. Säiliöjärjestelmä vaatii asennusvaiheessa myös tuennan. Tuennan voi tehdä valmiilla ankkuripusseilla, tai siten että säiliö ei pääse liikkumaan maantäyttöä tehtäessä.

TAULUKKO 5. Viivytysjärjestelmien kustannukset Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen tontilla.

Tyyppi	Hinta(€) ALV 0 %
Kasettijärjestelmä	34500
Säiliöjärjestelmä (halkaisija 3400 mm)	35000
Säiliöjärjestelmä (halkaisija 2400 mm)	37000

Saadut tulokset kustannuslaskelmista ovat lähes yhtä suuria. Järjestelmän valintaa tehdessä tulee huomioida logistiset järjestelyt, eli kuinka säiliöt tai järjestelmän osat saadaan kuljetettua kaivantoon. Kasetit ovat käsin kannettavissa, mutta säiliöt ovat kokonsa ja

painonsa puolesta hankalia kuljettaa kaivantoon, jos kaivannon lähellä ei ole kuorma-auton painoa kestäviä teitä.

10 POHDINTA

Tämän insinööritoiminnan tarkoituksena oli tutustua hulevesien viivytysjärjestelmiin ja tuottaa kustannuslaskelmat Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen viivytysjärjestelmälle.

Hulevesien viivyttämisen vaatimuksen voimaantulo rakennusmääräyskokoelmaan on hyvä asia ajatellen tulevaisuutta. Kasvavat sadevesimäärät aiheuttavat taajamissa tulvia ja ainoastaan viivytysratkaisuja rakentamalla niiden haitoilta voidaan välttyä. Viivytysratkaisun valinta perustuu vahvasti kiinteistön kokoon ja sitä kautta viivytettävän sateen määrään. Myös kaupunkien ja kuntien tulisi pohtia tulevaisuutta ajatellen jo nyt tulviville alueille uusien tasaussäiliöiden rakentamista.

Hulevesijärjestelmien investointikustannuksiin vaikuttaa suoraan, tontilla viivytettävän veden määrä. Viivytettävän veden määrään voidaan vaikuttaa, käyttämällä rakennettaessa paljon vettä-läpäiseviä pintoja, jolloin viivytettävän veden määrän tarve vähenee. Kivetyksissä käytettävän laattojen rakenne ja valitsemalla asfalttilajin vettä läpäiseviksi, vähennetään huomattavasti viivytettävän veden määrää.

Hulevesimaksut ovat käytössä jo useissa eri kaupungeissa ja kunnissa. Kaupungit ja kunnat voisivat antaa hyvitystä hulevesimaksuista, jos rakennuksen tontilla myös imeytetään hulevesiä. Jokainen imeytetty vesilitra on pois kuormittamasta hulevesiverkostoa. Useimmilla kaupungeilla on käytössä laskentakaava hulevesimaksun määrittämisessä. Maksujen perusteena on useimmiten kiinteistön pinta-ala yhdistettynä kiinteistön tyyppiin. lisäksi kaavassa on mahdollisesti vähennyskerroin. Hulevesimaksuihin voisi tulla vähennyskerroin niille kiinteistöille, joiden tontilla imeytetään tai viivytetään hulevesiä. Kuvasessa 13 on esitetty Jyväskylän kaupungin hulevesimaksun laskentakaavan vähennyskerroimet.

Vähennysperuste	Vähennyskerroin V
Kiinteistön rakennetun alueen pinta-ala: Maksuluokkiin 2, 3 ja 4 kuuluvat kiinteistöt, joiden pinta-ala on yli 25 000 m ² ja joiden rakentamattoman pinta-alan osuus koko pinta-alasta on yli 50 % voivat saada vähennystä hulevesimaksusta niiden rakennetun alueen pinta-alan perusteella.	Kiinteistön hulevesimaksun kerroin K määräytyy sen rakennetun alueen pinta-alan mukaan.
Hulevetensä valtion järjestelmään johtavat kiinteistöt: Mikäli kiinteistö osoittaa johtavansa kaikki hulevetensä valtion hulevesijärjestelmään, on se oikeutettu vähennykseen hulevesimaksusta.	0,5
Sekaviemäroidyt kiinteistöt: Jyväskylän Energian sekaviemäröinnin piiriin kuuluvat kiinteistöt johtavat osan hulevedestä jätevesiviemäriverkostoon, joten ne ovat oikeutettuja vähennykseen hulevesimaksusta.	0,25
Kiinteistöt, joiden alueelle kaupungin hulevesijärjestelmän oja tai putki purkaa hulevettä: Mikäli kaupungin hulevesijärjestelmän oja tai putki purkaa hulevettä kiinteistön alueelle, jolla ei ole tähän tarkoitettua rasitetta olemassa ja jos hulevesien johtaminen kyseisen kiinteistön kautta on välttämätöntä kunnan hulevesijärjestelmän toimivuudelle, on kyseinen kiinteistö oikeutettu vähennykseen hulevesimaksusta viranomaisen harkinnan perusteella.	0

KUVA 13. Hulevesimaksujen vähennyskertoimet (Jyväskylän kaupunki 2018)

10.1 Kustannuslaskelman analysointi

Hyvinvointikeskuksen hulevesien viivytystarpeen ollessa suuri on viivytysjärjestelmää valittaessa kaksi taloudellisesti kannattavaa vaihtoehtoa. Vaihtoehdot ovat joko säiliö, tai kasettijärjestelmä. Hyvinvointikeskuksen tontilla on imeyttäminen myös mahdollista, joten järjestelmän hieman edullisemman hankintahinnan ja asennuksen helpottamisen vuoksi hulevesien viivyttämiseen soveltuu parhaiten kasetti-tyyppinen viivytysratkaisu. Jos tontilla olevien hulevesien imeyttäminen ei olisi mahdollista tai sallittua, järjestelmän tulisi olla tiivis ja kasettijärjestelmä vaatisi päällensä PE-kalvon. Kalvo nostaisi hinnan huomattavasti säiliöratkaisua korkeammaksi.

Viivytysjärjestelmän valintaa tehdessä, tulee järjestelmän valinta tehdä aina yksilökohtaiseksi ja valinnassa täytyy ottaa huomioon tontin ominaisuudet ja haasteet. Tontilla valmiina olevat kivipesät, lammikot yms. kannattaa aina tilanteen salliessa ottaa käyttöön.

LÄHTEET

Aquacomb sadevesien viivytys ja hyödyntäminen. Luettu 19.2.2018. <https://www.aquacomb.co.nz/>

Huleveden viivytyssäiliö, Pipelife 2011. Luettu 24.1.2018. <http://www.pipelife.fi/media/fi/Tuote-esitteet/Tuotekortit/kiinteistokohtainen-hulevesien-viivytys-Raineo-mini.pdf>

Hulevesien hallintaratkaisut tänään. Mitoitus ja menetelmät, Perttu Hyöty, Sito Oy 2014. Luettu 26.1.2018. http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/4358/141125_Vantaa_Perttuhyoty.pdf

Hulevesien hallinta Vantaajoen alueella 12.10.2017. Luettu 15.3.2018 http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/7345/7_Kuoppamaki_2017-10-12_Vantaa-hulevesiseminaari.pdf

Hulevesien viivytys Kanadassa. Luettu 19.1.2018. <http://www.canadaculvert.com/product/storm-water-detention/>

Hulevesikasettien asennus Tampereella Posteljoonipuistossa. Luettu 24.1.2018 <https://talotekniikka-lehti.fi/tampereen-rautatietunneli-pysyy-kuivana/>

Hulevesimaksujen vähennyskertoimet, Jyväskylän kaupunki 2018. Luettu 12.4.2018. <http://www2.jkl.fi/kaavakartat/hulevedet/hulevesimaksu/perusteista.pdf>

Hulevesitunneli. Luettu 15.3.2018 <http://www.meltex.fi/tuotteet/infra-maa-ja-vesirakentaminen/hulevesijarjestelmat/meltex-hulevesitunneli.html>

Ilmaston lämpeneminen, ilmasto.org. Luettu 19.1.2018. <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/usein-kysytyt-kysymykset>

Ilmastonkestävä kaupunki- työkaluja suunnitteluun 2014. Luettu 24.1.2018. <http://ilmasotyokalut.fi/hanke/>

Kerabit viherkattojen asennuksesta ja huollosta julkaisu, 2017. Viherkattojen huolto. Luettu 18.1.2018. <http://www.kerabit.fi/tuotteet/viherkatot-ja-kannet/viherkattojen-rakenteet>

Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen viivytysallas. Google Maps, 2018. Luettu 5.3.2018. <https://www.google.fi/maps/place/Gesterbyntie,+02400+Kirkkonummi/@60.1313496,24.4490996,187m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x468d8d708518451d:0xf39750645d7f8e0!8m2!3d60.1418709!4d24.4605559>

Mitoitussateen kesto. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Eskola ja Tahvonen 2010. Luettu 15.3.2018.

Pariisin ilmastopimus, Ympäristöministeriö 2015. Luettu 19.1.2018. <http://www.ym.fi/pariisi2015>,

Sateiden mitoitus. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Eskola & Tahvonen 2010. Luettu 5.3.2018

Sateiden määrän kasvu Suomessa, hulevesiopus 2012. Luettu 25.1.2018. (<https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopus>)

Singaporeen suuri viivytysäiliö, Today 2016. Luettu 19.1.2018. <http://www.todayonline.com/singapore/slight-delay-orchard-road-flood-mitigation-works>

Stramfordin kanaalin viivytysäiliöt, Today 2016. Luettu 19.1.2018 <http://www.todayonline.com/sites/default/files/canal.png>

Suomen Rakennusmääräyskokoelma d1, 2007. Sadevesi- ja perustusten kuivatusvesilaitteisto, Yleiset määräykset.3.1.2018. Luettu 3.1.2018. http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Terveellisyys

Tampereen kaupunki, hulevesien hallintasuunnitelman laatutaso Vuoreksen alueella. Luettu 12.4.2018. <https://www.tampere.fi/liitteet/h/is3c4HhgC/vuoreshuleohje.pdf>

Tehokkaat ratkaisut hulevesien hallintaan, Uponor 2017. Luettu 25.1.2018. <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesien-imeyttaminen>

Tölli, A. Projektipäällikkö, DI. 2018. Haastattelu 12.4.2018. Haastattelija Tölli, E. Tampere

Uponor-hulevesikasetit ja tunnelit suunnittelu- ja asennusohje 2012. Luettu 24.1.2018. <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesien-imeyttaminen>

Uponor, tunnelijärjestelmien kustannuksista. Uponor myynti, 2018. Luettu 22.2.2018

Uponor, Smart Trap- hulevesikaivo, 2018. Luettu 25.1.2018. <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesikaivo-smart-trap>

Uponor myynti 2018. Haastattelu 22.2.2018. Haastattelija Tölli, E. Granlund Tampere Oy

Uponor Weholite hulevesisäiliö. Luettu 21.2.2018. <https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesisailiot>

Vettä läpäisevät päällysteet VTT. Luettu 19.1.2018. <http://www.lemminkainen.fi/lemminkainen/yritys/media/artikkelit-ja-videot/artikkeli/2016/hyvasti-kaupunkitulvat/>

Vettä läpäisevää asfalttia. Luettu 19.1.2018. <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vett%C3%A4-l%C3%A4p%C3%A4isevi%C3%A4-p%C3%A4%C3%A4llysteit%C3%A4-suomen-oloihin>

Viherympäristö julkaisu 1/12, 2012, viherkattojen imeytys ja viivytys ominaisuudet. Luettu 18.1.2018. http://data.viherymparisto.fi/files/resourcesmodule/@random4f9681d9578d9/1335263738_Hakola_Hulevesi.pdf

Vuoden keskilämpötilat Suomessa. Luettu 18.1.2017. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuositalot>

Vähennyskertoimet hulevesimaksun laskentakaavassa. Jyväskylän kaupunki 2018. Luettu 12.4.2018. <https://www.jyvaskyla.fi/hulevedet>

Wavin-Labko Oy, Haastattelu 26.1.2018. Haastattelija Tölli, E. Granlund Tampere Oy

Wavin-Labko Q-Bic hulevesikasetti. Luettu 24.1.2018. <https://www.wavin.com/fi-fi/Ratkaisut/Hulevesien-hallinta/Viivastys-ja-imeytys/Q-Bic-ja-Q-BB-hulevesikasetit>

Wavin labko virtauksensäätökaivo. Luettu 15.3.2018. <http://docplayer.fi/4231343-Labko-frw-direct-virtauksensaatoikaivo.html>

Wavin labko virtauksen säätökaivon säätö-osa. Luettu 15.3.2018 <https://www.wavin.com/fi-fi/Ratkaisut/Hulevesien-hallinta/Virtauksen-saaminen/Virtauksensaatoikaivot/FRW-Basic-618-160200-Virtsaatoikaivo>

Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistosta, 2018. Hulevesijärjestelmän suunnittelu. Luettu 3.1.2018. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynt-not_ ja _lausuntoyhteenvedot/2017/Lausuntopyynto_luonnoksesta_ymparistomin\(43396\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynt-not_ ja _lausuntoyhteenvedot/2017/Lausuntopyynto_luonnoksesta_ymparistomin(43396))

Ympäristöministeriö määrittää pätevyysvaatimuksia suunnittelijoille ja työnjohtajille. Luettu 12.4.2018. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Asetuksilla_yhtenaisyytta_rakentamisen_o\(32965\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Asetuksilla_yhtenaisyytta_rakentamisen_o(32965))

LIITTEET

Liite 1. Kirkkonummen hyvinvointikeskuksen suunnittelualueen rajat.

